Hommage de l'auteur

14.

NATURWISSENSCHAFT UND GEHIRN.

VORTRAG

GEHALTEN IN DER ALLGEMEINEN VERSAMMLUNG DES XII. KONGRESSES RUSSISCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE IN MOSKAU AM 28. DEZEMBER 1909. (10. JANUAR 1910 N. ST.)

VON

PROF. J. P. PAWLOW

IN ST. PETERSBURG.

AUTORISIERTE ÜBERSETZUNG

VON

DR. G. W. VOLBORTH.



WIESBADEN.

VERLAG VON J. F. BERGMANN.

1910.

14

NATURWISSENSCHAFT UND GEHIRN.

VORTRAG

GEHALTEN IN DER ALLGEMEINEN VERSAMMLUNG DES XII. KONGRESSES RUSSISCHER NATURFORSCHER UND ÄRZTE IN MOSKAU AM 28. DEZEMBER 1909. (10. JANUAR 1910 N. ST.)

VON

PROF. J. P. PAWLOW
IN ST. PETERSBURG.

AUTORISIERTE ÜBERSETZUNG

VON

DR. G. W. VOLBORTH.

WIESBADEN.
VERLAG VON J. F. BERGMANN.
1910.

Druck der Königl. Universitätsdruckerei H. Stürtz, A. G., Würzburg.

Es kann mit Recht gesagt werden, dass der Gang der Naturwissenschaft, welcher seit Galilei unaufhaltbar vorwärts drängt, zum erstenmal vor dem höheren Teil des Gehirns oder, allgemeiner gesagt, vor dem Organ der kompliziertesten Beziehungen der lebenden Wesen zur Aussenwelt bemerkbar ins Stocken gerät. Und es mag scheinen, dass dieses nicht umsonst so ist, dass hier wirklich ein kritischer Moment für die Naturwissenschaft besteht, denn das Gehirn, welches in seiner höchsten Ausbildung — als Menschengehirn — die Naturwissenschaft schuf und schafft, wird nun selbst Gegenstand dieser Naturwissenschaft.

Aber lassen Sie uns der Sache näher treten. Schon seit langer Zeit untersucht der Physiologe unablenkbar und systematisch, nach den exakten Regeln der naturwissenschaftlichen Denkart, den lebenden Organismus. Er beobachtet die sich vor ihm in Raum und Zeit abspielenden Lebenserscheinungen und ist bestrebt, mittels des Experiments ihre beständigen und elementaren Existenz- und Verlaufsbedingungen zu bestimmen. Sein Vorherwissen und seine Gewalt über die Lebenserscheinungen nehmen ebenso fortwährend zu, wie vor aller Augen die Macht der Naturwissenschaft über die tote Natur wächst. Wenn der Physiologe es mit den Grundfunktionen des Nervensystems, mit den Prozessen der Erregung und Fortleitung zu tun hat — mögen diese Erscheinungen bis jetzt in ihrem Wesen unauf-

geklärt bleiben —, so bleibt der Physiologe doch Naturforscher, indem er folgegemäss die verschiedenen äusseren Einflüsse auf diese allgemeinen Nervenprozesse erforscht. Und noch viel mehr. Wenn der Physiologe mit den niederen Abschnitten des Zentralnervensystems beschäftigt ist, wenn er untersucht, auf welche Art der Organismus mittels dieses seines Abschnittes auf diese oder jene äussere Einwirkungen antwortet, d. h. wenn er die gesetzmässigen Veränderungen der lebendigen Substanz unter dem Einfluss dieser oder jener äusseren Agenzien untersucht, so bleibt er doch stets derselbe Naturforscher. Diese gesetzmässige Reaktion des tierischen Organismus auf die Aussenwelt, welche mit Hilfe des niederen Teils des Zentralnervensystems zustande kommt, nennt der Physiologe einen Reflex.

Aber da steigt der Physiologe bis zu den höchsten Teilen des Zentralnervensystems empor und der Charakter seiner Tätigkeit erhält plötzlich einen starken Umschwung. Er gibt es auf, seine Aufmerksamkeit auf den Zusammenhang, welcher zwischen den äusseren Erscheinungen und den Reaktionen des Organismus auf dieselben besteht, zu konzentrieren, und beginnt vage Vermutungen über die inneren Zustände der Tiere nach dem Muster seiner eigenen subjektiven Zustände aufzustellen. Bis zu diesem Moment bedient er sich nur allgemeiner naturwissenschaftlicher Begriffe. Jetzt hingegen hat er sich an Begriffe gewandt, die ihm ganz fremd sind und in keinerlei Beziehung zu seinen früheren Begriffen stehen — an psychologische Begriffe, kürzer gesagt, er ist aus der räumlichen Welt in die unräumliche hinübergesprungen. Dieses ist augenscheinlich ein Schritt von grosser Tragweite. Wodurch mag er hervorgerufen sein? Welche schwerwiegenden Gründe können den Physiologen zu denselben gezwungen haben. Was für ein Kampf der Meinungen muss ihm vorhergegangen sein. Man ist gezwungen, auf alle diese Fragen eine ganz unerwartete

Antwort zu geben: vor diesem ausserordentlichen Schritt ist in der Wissenschaft rein gar nichts vorgekommen. Die Naturwissenschaft, in Person des Physiologen, welcher die höchsten Teile des Nervensystems untersucht, hat sich, man kann sagen, unbewusst, unbemerkt für sich selbst der allgemein üblichen Manier unterworfen: man bildet sich seine Vorstellungen über die kompliziertesten Tätigkeiten der lebenden Wesen nach Analogie mit sich selbst, indem man für deren Tätigkeit dieselben inneren Gründe annahm, welche wir selbst in uns fühlen und erkennen.

So verliess also in diesem Punkt der Naturforscher die feste naturwissenschaftliche Position. Und was hat er an ihrer Stelle erhalten? Er entnahm Begriffe aus demjenigen Interessengebiet des menschlichen Verstandes, von welchem die Bearbeiter dieses Gebietes selbst erklären, dass es, ungeachtet seines grössten Alters, bis jetzt noch nicht das Recht hat, sich eine Wissenschaft zu nennen. Die Psychologie ist als Erkenntnis der Innenwelt des Menschen bis jetzt noch auf der Suche nach ihren eigenen, wirklichen Methoden. Und der Physiologe hat die undankbare Aufgabe übernommen, über die Innenwelt der Tiere zu raten.

Hiernach ist es nicht schwer zu verstehen, dass die Erforschung des kompliziertesten Teils des Zentralnervensystems der höheren Tiere sich bis jetzt noch in keinem regulären und ununterbrochenen Fortschritt befindet. Diese Forschung ist aber ungefähr hundert Jahre alt. Seit dem Jahre siebzig des vorigen Jahrhunderts erhielt zwar die Arbeit an dem höchsten Teil des Gehirns einen sehr starken Schub vorwärts, aber auch dieses hat die Forschung auf keinen breiten, ausgetretenen Weg geführt. Es wurden einige grundlegende Tatsachen im Verlauf einiger Jahre erhalten, und dann stockte die Forschung wieder. Der Gegenstand ist doch ersichtlich enorm umfangreich und trotzdem wiederholen sich in den Arbeiten schon seit

zwanzig bis dreissig Jahren meistens dieselben Themen; was Neues der Idee nach ist wenig vorhanden. So konnte sich denn die Psychologie als Bundesgenossin vor der Physiologie nicht rechtfertigen.

Bei solch einer Sachlage verlangt der gesunde Menschenverstand, dass die Physiologie auch hier auf den Weg der Naturwissenschaft zurückkehren soll. Was soll sie aber dann machen? Es liegt ihr ob, bei der Untersuchung der höchsten Abteilung des zentralen Nervensystems, demselben Verfahren treu zu bleiben, welches sie zur Erforschung der niederen Teile benutzt, d. h. sie muss die Veränderungen in der Aussenwelt mit den ihnen entsprechenden Veränderungen im tierischen Organismus genau zusammenstellen und die Gesetze dieser Beziehungen aufstellen. Aber diese Beziehungen sind, wie es scheint, so furchtbar kompliziert. Ist es möglich, an ein objektives Registrieren derselben zu schreiten? Auf diese wirklich kapitale Frage kann nur eine einzige Antwort gegeben werden: ein beharrlicher und lange dauernder Versuch der Forschung in dieser Richtung. Diese nur ausschliesslich objektive Zusammenstellung der Aussenwelt und des tierischen Organismus wird eben von vielen Forschern in der ganzen Ausdehnung der Tierwelt erprobt.

Ich habe die Ehre, diese Probe hinsichtlich der kompliziertesten Tätigkeit eines höheren Tieres, und zwar des Hundes, Ihnen vorzulegen. Im weiteren werde ich mich auf die zehnjährige Tätigkeit der unter meiner Leitung stehenden Laboratorien stützen, in denen eine grosse Zahl junger Arbeiter zusammen mit mir auf dem neuen Forschungswege geradezu das Glück versuchten. Diese zehnjährige Arbeit, welche bald durch die quälendsten Zweifel getrübt wurde, bald — und zwar je weiter, desto öfter — durch die aufmunternde Gewissheit beseelt wurde, dass unsere Anstrengungen nicht unnütz sind — diese Arbeit ist, wie ich jetzt überzeugt bin, die unstreitige positive Lösung der oben gestellten Frage.

Die ganze Tätigkeit der höchsten Teile des zentralen Nervensystems, wie sie sich von unserem Standpunkte aus vor uns enthüllte, stellte sich uns in Form von zwei Grundmechanismen dar: erstens als Mechanismus einer zeitweisen Vereinigung, gleichsam einer zeitweiligen Schliessung der Leitungsbahnen zwischen den Erscheinungen der Aussenwelt und den Reaktionen des tierischen Organismus auf diese, und zweitens in Form eines Mechanismus von Analysatoren.

Lassen Sie uns diese Mechanismen jeden einzeln betrachten.

Ich habe oben erwähnt, dass die Physiologie im niederen Teil des Zentralnervensystems schon längst den Mechanismus des sog. Reflexes festgestellt hat, d. h. den Mechanismus einer ständigen Verbindung zwischen bestimmten Erscheinungen der Aussenwelt und ihnen entsprechenden ganz bestimmten Reaktionen des Organismus, welche mit Hilfe des Nervensystems zustande kommt. Es war ganz natürlich, diesen Reflex als eine einfache und ständige Verbindung mit dem Ausdruck „unbedingter Reflex" zu bezeichnen. Aus den von uns festgestellten Fakten zogen wir den Schluss, dass im höchsten Teil des Zentralnervensystems der Mechanismus einer zeitweiligen Verbindung verwirklicht. Bald spiegeln sich die Erscheinungen der Aussenwelt durch Vermittlung dieses Teils auf die Tätigkeit des Organismus ab, sie verwandeln sich in die Tätigkeit des Organismus, bald bleiben sie für den Organismus indifferent, unverwandelbar. Es war ebenso natürlich diese zeitweilige Verbindung, diese neuen Reflexe, als „bedingte Reflexe" zu bezeichnen. Was bietet der Mechanismus einer zeitweiligen Verbindung dem Organismus? Und wann erscheint die zeitweilige Verbindung, der „bedingte Reflex"? Wollen wir von einem lebendigen Beispiel ausgehen. Das wesentlichste Band zwischen dem lebenden Organismus und der ihn umgebenden Natur besteht in gewissen chemischen Stoffen, welche fortwährend in den Bestand des gegebenen Organismus

eintreten müssen, d. h. in der Verknüpfung durch die Nahrung. Auf den niedersten Stufen der Tierwelt führt hauptsächlich nur eine unmittelbare Berührung zwischen dem tierischen Organismus und der entsprechenden Nahrung zum Stoffwechsel. Diese Beziehungen werden auf den höheren Stufen der Tierwelt viel zahlreicher und weitgehender. Jetzt richten Gerüche, Laute und Bilder das Tier in dem weitesten Umkreise der Umgebung auf die Nahrungsstoffe. Und auf der höchsten Stufe zerstreuen die Laute der Sprache und die Schrift- und Druckzeichen die Menschenmasse auf der ganzen Oberfläche der Erdkugel auf der Suche nach dem täglichen Brot. Auf diese Weise erscheinen die unzähligen, mannigfaltigen äusseren Einwirkungen gleichsam als Signale der Nahrungsstoffe, indem sie die höheren Tiere darauf richten, dieselben zu ergreifen und sie zur Verwirklichung einer Vereinigung mit der Aussenwelt mittels der Nahrung bewegen. Mit dieser Mannigfaltigkeit und Entfernung geht die Veränderung Hand in Hand, welche eine Ersetzung der steten Verbindung der äusseren Agenzien mit dem Organismus durch zeitweilige Verbindungen mit sich bringt, denn erstens sind die entfernteren Verbindungen ihrem Wesen nach zeitliche und veränderliche Verbindungen und zweitens würden sie auch dank ihrer kolossalen Menge als stete Verbindungen in keinem von den umfangreichsten Apparaten Platz finden können. Das gegebene Nahrungsobjekt kann sich bald am einen, bald am anderen Platze befinden, kann folglich einmal von irgendwelchen bestimmten Erscheinungen, ein anderes Mal von irgendwelchen anderen Erscheinungen begleitet sein und kann als Element im einen oder im anderen System der Aussenwelt enthalten sein. Und deswegen müssen bald diese, bald jene Erscheinungen der Aussenwelt ihre Wirkung als Reize geltend machen, welche im Organismus eine positive im weitesten Sinne des Wortes gemeinte Bewegungsreaktion zu diesem Objekt hin hervorrufen. Um die zweite Behauptung

— dass die entfernteren Verbindungen unmöglich konstant sein können — recht greifbar zu machen, erlauben Sie mir einen Vergleich zu gebrauchen. Stellen Sie sich vor, dass anstatt der jetzt vorhandenen Telephonverbindung durch eine Zentralstation, die folglich eine zeitweilige Verbindung ist, eine stete Verbindung aller Abonnenten miteinander vorhanden wäre. Wie wäre das teuer und schwerfällig, und zu guter Letzt wäre es gar nicht durchzusetzen. Was in diesem Falle durch eine gewisse Bedingtheit der Verbindung (man kann nicht jeden Augenblick vereinigt werden) verloren geht, wird überreich durch die Breite der Verbindungsmöglichkeiten ersetzt.

Wie wird diese temporäre Verbindung hergestellt, wie bildet sich der bedingte Reflex? Dazu ist erforderlich, dass das neue indifferente äussere Agens in der Zeit ein- oder mehreremal mit der Wirkung eines anderen Agens zusammentrifft, welch letzteres schon mit dem Organismus in Verbindung steht, d. h. sich in irgendwelche Tätigkeit des Organismus verwandelt. Wenn die Bedingung dieses Zusammentreffens in der Zeit erfüllt ist, so geht das neue Agens dieselbe Verbindung ein, es äussert sich in derselben Tätigkeit. Auf diese Weise entsteht also der neue bedingte Reflex mit Hilfe des alten. Wenn man es näher betrachtet, geht dabei die Sache im höheren Nervensystem, wo der Vorgang der Entstehung der bedingten Reflexe statthat, folgendermassen vor sich. Wenn ein neuer, früher gleichzeitiger Reiz, nachdem er in die Grosshirnhemisphären gelangt ist, in diesem Augenblick im Nervensystem einen in starkem Erregungszustande befindlichen Herd antrifft, so fängt der bis hierher gelangte Reiz an, sich zu konzentrieren, sich gewissermassen einen Weg zu diesem erregten Herd und von ihm weiter zum entsprechenden Organ zu bahnen und wird auf diese Weise zum Erreger dieses Organs. Im entgegengesetzten Falle, wenn kein solcher Herd vorhanden ist, so zerstreut sich der Reiz ohne merkbaren

Effekt in der Masse der Grosshirnhemisphären. Hierin wird das Grundgesetz des höchsten Teiles des Nervensystems formuliert.

Gestatten Sie mir nun, das eben über den Entstehungsmechanismus des bedingten Reflexes Gesagte in möglichster Kürze durch Tatsachen zu illustrieren.

Unsere ganze Arbeit ist bis jetzt ausschliesslich an einem kleinen, physiologisch wenig wichtigen Organ — an der Speicheldrüse — gemacht worden. Wenn diese Wahl auch zu Anfang zufällig getroffen war, erwies sie sich bei der weiteren Arbeit als eine sehr zutreffende, ja gerade als eine glückliche. Erstens wurde sie einer Grundforderung des wissenschaftlichen Denkens gerecht: im Bereich komplizierter Erscheinungen mit dem möglichst einfachen Fall zu beginnen; zweitens konnten an unserem Organ die einfache und die komplizierte Nerventätigkeit scharf unterschieden werden, so dass sie leicht miteinander verglichen werden konnten. Und dieses hat auch zur Aufklärung der Sache geführt. Schon seit langer Zeit war es der Physiologie bekannt, dass die Speicheldrüse beim Einführen von Speise oder anderen Reizstoffen in den Mund zu arbeiten beginnt, d. h. dem Munde ihre Flüssigkeit zustellt, und dass dieses Verhältnis mit Hilfe bestimmter Nerven zustande kommt. Diese Nerven empfangen den Reiz, welcher von den mechanischen und chemischen Eigenschaften des in den Mund gelangten Stoffes herrührt und leiten ihn zuerst ins Zentralnervensystem und von dort zur Drüse, in welcher sie dann die Speichelfabrikation hervorrufen. Dieses ist der alte Reflex, nach unserer Terminologie der unbedingte, eine ständige nervöse Verbindung, eine einfache Nerventätigkeit, welche vollkommen ebenso auch bei Tieren ohne den höheren Teilen des Gehirns zustande kommt. Aber zugleich ist es nicht nur den Physiologen, sondern jedem Menschen bekannt, dass die Speicheldrüse in kompliziertesten Beziehungen zur Aussenwelt steht,

wenn z. B. bei einem hungrigen Menschen oder Tier der Anblick einer Speise oder auch nur der Gedanke an dieselbe den Speichel treibt. Nach der alten Terminologie hiess es, dass die Speichelabsonderung auch psychisch erregt werden kann. Für diese komplizierte Nerventätigkeit ist die höchste Abteilung des Gehirns nötig. Unsere Analyse hat gerade in diesem Punkte gezeigt, dass dieser komplizierten Nerventätigkeit der Speicheldrüse, diesen ihren kompliziertesten Beziehungen zur Aussenwelt der Mechanismus der zeitweiligen Verbindung, des bedingten Reflexes, den ich oben in allgemeinen Zügen beschrieben, zugrunde gelegt ist. Die Sache erhielt in unseren Versuchen ein ganz deutliches und unstreitiges Aussehen. Alles in der Aussenwelt Vorhandene: alle Laute, Bilder, Gerüche usw. — alles konnte in zeitweilige Verbindung mit der Speicheldrüse gebracht werden, in ein speicheltreibendes Agens verwandelt werden, wenn es nur zeitlich mit dem unbedingten Reflex zusammentraf, mit der Speichelabsonderung auf Stoffe, die in den Mund gelangen. Kurz, wir konnten auf die Speicheldrüse bedingte Reflexe bilden, soviel wir wollten, und konnten, was wir nur wollten, zum bedingten Reflex machen.

Gegenwärtig stellt die Lehre von den bedingten Reflexen nur auf Grund der Arbeit unserer Laboratorien ein sehr umfangreiches Kapitel dar, welches eine Menge Tatsachen und eine ganze Reihe genauer Regeln, welche dieselben ordnen, enthält. Dieses ist nur der allerallgemeinste Grundriss oder, genauer gesagt, nur ein Verzeichnis der Hauptpunkte dieses Kapitels. Vor allem kommen ziemlich zahlreiche Einzelheiten hinsichtlich der Bildungsgeschwindigkeit der bedingten Reflexe. Darauf folgen die verschiedenen Arten der bedingten Reflexe und ihre allgemeinen Eigenschaften. Da die bedingten Reflexe ihren Sitz im höchsten Teile des Nervensystems haben, wo ein fortwährendes Zusammentreffen der unzähligen Einwirkungen der Aussenwelt statthat, so ist es weiterhin verständlich, dass zwischen

den verschiedenen bedingten Reflexen ein unaufhörlicher Kampf oder eine Wahl für jeden gegebenen Augenblick vor sich geht. Daher die fortwährende Hemmung dieser Reflexe. Gegenwärtig sind drei Hemmungsarten festgestellt worden: die einfache Hemmung, die erlöschende und die bedingte Hemmung. Sie bilden alle zusammen die Gruppe der äusseren Hemmungserscheinungen, denn sie beruhen alle auf dem Hinzufügen eines äusseren Agens zum bedingten Reize. Andererseits unterliegt ein schon gebildeter bedingter Reflex, nur durch die Wirkung seiner inneren Beziehungen, fortwährenden Schwankungen, sogar bis zum kurzdauernden vollständigen Verschwinden — kurz gesagt — es findet eine innere Hemmung statt. Wenn z. B. sogar ein sehr alter bedingter Reflex mehreremal wiederholt wird, ohne dass er vom unbedingten Reflexe, mit dessen Hilfe er gebildet worden war, begleitet wurde, so fängt er sofort an, allmählich und unaufhaltsam seine Wirkungskraft zu verlieren und fällt rasch oder langsam bis zu 0, d. h. wenn der bedingte Reflex als Signal des unbedingten anfängt, falsch zu signalisieren, so beginnt er sofort seine Reizwirkung allmählich zu verlieren. Dieser Verlust der Wirkung der bedingten Reflexe kommt nicht durch die Störung des bedingten Reflexes zustande, sondern nur wegen zeitweiliger innerer Hemmung des Reflexes, denn der auf diese Weise erloschene bedingte Reflex stellt sich nach einiger Zeit von selbst wieder her. Es gibt auch andere Fälle von innerer Hemmung. — Weiter wurde in den Versuchen eine neue wichtige Seite der Sache entdeckt. Es erwies sich, dass ausser der Erregung und der Hemmung ebensooft eine Hemmung der Hemmung, kurz gesagt, eine Enthemmung existiert. Man kann nicht sagen, welche von diesen drei Tätigkeiten die wichtigste ist. Man soll einfach konstatieren, dass die ganze höchste Nerventätigkeit, wie sie sich in den bedingten Reflexen offenbart, aus einem fortwährenden Wechsel, oder besser gesagt, aus einem Balancieren

dieser drei Grundprozesse, der Erregung, der Hemmung und der Enthemmung besteht.

Ich gehe zum zweiten der früher genannten Grundmechanismen, zum Mechanismus der Analysatoren, über.

Wie oben darauf hingewiesen wurde, erweist sich die zeitweilige Verbindung als nötig, sobald die Beziehungen des Tieres zur Aussenwelt komplizierter werden. Aber diese grössere Kompliziertheit der Beziehungen setzt beim tierischen Organismus die Fähigkeit voraus, die Aussenwelt in Einzelheiten zu zerlegen. Und in Wirklichkeit besitzt auch jedes höhere Tier mannigfaltige und höchst feine Analysatoren. Es sind das diejenigen Organe, welche bis jetzt „Sinnesorgane" genannt wurden. Die physiologische Lehre von ihnen besteht, wie die Benennung der Organe es selbst anzeigt, in ihrem grössten Teil aus subjektivem Material, d. h. aus Beobachtungen und Versuchen an den Empfindungen und Wahrnehmungen der Menschen, und auf diese Weise entbehrt sie aller aussergewöhnlichen Mittel und Vorteile, welche die objektive Forschung und das in seiner Anwendung beinahe unbegrenzte Tierexperiment bieten. Allerdings gehört dieses Gebiet der Physiologie, dank dem Interesse und der Beteiligung einiger genialer Forscher, in einigen Hinsichten zu den am meisten bearbeiteten Teilen der Physiologie und enthält zahlreiche Angaben von hervorragendem wissenschaftlichem Wert. Aber diese Vollkommenheit der Forschung bezieht sich hauptsächlich auf die physikalische Seite der Sache in diesen Organen, wie z. B. im Auge auf die Bedingungen, welche zum Erhalten eines klaren Bildes auf der Netzhaut erforderlich sind. Im rein physiologischen Teil, d. h. in der Forschung über die Bedingungen und Arten der Reizbarkeit der Nervenendigungen des gegebenen Sinnesorgans gibt es schon eine Menge ungelöster Fragen. Im psychologischen Teil, d. h. in der Lehre über die Empfindungen und Vorstellungen, welche dem Reize dieser

Organe entstammen, sind, ungeachtet alles Scharfsinnes und der feinen Beobachtungsgabe, welche die Arbeiter auf diesem Gebiet an den Tag gelegt haben, dem Wesen der Sache nach, nur ganz elementare Tatsachen festgestellt. Augenscheinlich entspricht das, was der geniale Helmholtz als „unbewusste Schlüsse" bezeichnet hat, dem Mechanismus des bedingten Reflexes. Wenn sich z. B. der Physiologe davon überzeugt, dass zum Ausarbeiten der Vorstellung über die tatsächliche Grösse eines Gegenstandes eine bestimmte Arbeit der inneren und der äusseren Augenmuskel erforderlich ist, so konstatiert er den Mechanismus des bedingten Reflexes. Wenn eine gewisse Kombination von Reizen, welche der Netzhaut und diesen Augenmuskeln entstammen, mehreremal mit den Tastreizen eines Gegenstandes von bestimmter Grösse zeitlich zusammengetroffen ist, so wird sie zum bedingten Reize von der tatsächlichen Grösse dieses Gegenstandes. Von diesem, kaum zu bestreitenden Standpunkt aus sind die grundlegenden Tatsachen des psychologischen Teiles der physiologischen Optik, wenn sie physiologisch verstanden werden, nichts als eine Reihe von bedingten Reflexen, d. h. eine Reihe von elementaren Tatsachen aus der komplizierten Tätigkeit des Augenanalysators. In Summa bleibt hier wie auch überall in der Physiologie unendlich mehr zu wissen übrig als bis jetzt bekannt ist.

Der Analysator ist ein komplizierter Nervenmechanismus, welcher mit dem äusseren rezeptierenden Apparat beginnt und im Gehirn endigt, und zwar bald in dessen niedrigsten, bald in dessen höchsten Abschnitten, und im letzten Falle auf eine unendlich kompliziertere Weise. Ein grundlegendes Faktum der Physiologie der Analysatoren ist es, dass jeder periphere Apparat einen speziellen Transformator der gegebenen äusseren Energie in den Nervenprozess darstellt. Und darauf folgt eine lange Reihe entweder noch lange nicht gelöster oder auch überhaupt

noch nicht gestellter Fragen: durch welchen Prozess geht in letzter Instanz diese Transformation vor sich? Worauf beruht die Analyse selbst? Welcher Teil der Leistungen des Analysators ist der konstruktiven Anlage und den Prozessen im peripheren Apparat und welcher Teil denjenigen im Gehirnende des Analysators zuzuschreiben? Was für aufeinander folgende Stufen bietet diese Analyse von ihrer einfachsten bis zu ihrer höchsten Entwickelung? Und schliesslich, nach welchen allgemeinen Gesetzen geht diese Analyse vor sich? Gegenwärtig unterliegen alle diese Fragen einer rein objektiven Untersuchung an Tieren, mit Hilfe der bedingten Reflexe.

Indem man diese oder jene Erscheinung der Natur mit dem Organismus in zeitweilige Verbindung setzt, ist es leicht zu bestimmen, bis zu welchem Grade der Zerlegung der Aussenwelt der gegebene Analysator des Tieres gehen kann. Z. B. kann beim Hunde ohne besondere Mühe das Faktum vollkommen genau festgestellt werden, dass sein Ohranalysator die feinsten Klangfarben und die kleinsten Teile von ganzen Tönen unterscheidet — und dieselben nicht nur auseinander hält, sondern auch diesen Unterschied dauernd festhält (das, was man beim Menschen absolutes Gehör nennt) und in seiner Fähigkeit, durch hohe Töne gereizt zu werden, viel weiter geht als das Ohr des Menschen, indem er bis zu 70—90 Tausend Schwingungen in der Sekunde aufnimmt, wogegen die Grenze des menschlichen Gehörs bei 40—50 Tausend Schwingungen in der Sekunde liegt.

Davon abgesehen, treten bei der objektiven Untersuchung allgemeine Regeln hervor, nach denen die Analyse vor sich geht. Die wichtigste Regel — das ist ein stufenweises Vorgehen bei der Analyse. In den bedingten Reflex, in die zeitweilige Verbindung, tritt der gegebene Analysator mit seinem allgemeineren Teil, mit seiner gröberen Tätigkeit ein und erst späterhin bleibt durch allmähliches Differenzieren nur die

Arbeit seiner feinsten und kleinsten Teile als bedingter Reiz. So z. B. wirkt, wenn vor dem Tier eine helle Figur erscheint, zuerst auch eine Verstärkung der Beleuchtung als Reiz und erst später kann aus der Figur selbst ein bedingter Reiz ausgearbeitet werden.

Weiterhin tritt aus solchen Versuchen mit bedingten Reflexen an Tieren das Faktum deutlich hervor, dass die Differenzierung auf dem Wege des Hemmungsprozesses, gleichsam durch Dämpfung der übrigen Teile des Analysators, ausser einem bestimmten, erreicht wird. Die allmähliche Entwickelung dieses Prozesses bildet den Grund der stufenweisen Analyse. Es kann durch viele Versuche nachgewiesen werden, dass dieses wirklich so ist. Ich will ein treffendes Beispiel anführen. Wenn man das zwischen dem Erregungs- und dem Hemmungsprozess errungene Gleichgewicht zugunsten des Erregungsprozesses schädigt, dadurch, dass man dem Tier Erregungsmittel, z. B. Koffein einführt, so wird die gut ausgearbeitete Differenzierung sofort stark geschädigt, ja in vielen Fällen sogar bis zum vollkommenen, natürlich zeitweiligen Verschwinden gebracht.

Die objektive Untersuchung der Analysatoren hat ihre Vorzüge auch in den Versuchen mit partiellen Exstirpationen der Grosshirnhemisphären kundgegeben. Bei diesen Versuchen ist eine wichtige und genaue Tatsache entdeckt worden: je stärker das Gehirnende des gegebenen Analysators beschädigt ist, desto gröber wird seine Arbeit. Er fährt fort, wie auch früher, bedingte Verbindungen einzugehen, aber nur mittels seiner allgemeineren Tätigkeit. So z. B. lassen sich bei mehr oder weniger starker Schädigung des Gehirnendes des Ohranalysators Laute überhaupt leicht zum bedingten Reflex machen, aber je beträchtlicher die Zerstörung, desto enger begrenzt werden die komplizierteren und feineren bedingten Reflexe auf Töne. Wenn man früher sogar aus Teilen eines

Tones einzelne bedingte Reflexe machen konnte, so funktioniert jetzt nur eine ganze Oktave als einzelner bedingter Reiz.

Indem ich den Teil beschliesse, welcher von den Tatsachen des neuen Gebietes handelt, kann ich mich nicht enthalten, eine kurze Charakteristik der Eigenheiten zu geben, welche die Arbeit auf diesem Gebiet mit sich bringt. Der Forscher fühlt die ganze Zeit unter seinen Füssen festen und ungemein fruchtreichen Boden. Von allen Seiten her stürmen auf den Forscher Fragen ein, und die Aufgabe besteht nur darin, unter ihnen die am meisten zweckentsprechende und natürlichste Reihenfolge aufzustellen. Ungeachtet ihres so sehr raschen Ganges trägt die Forschung einen durchweg ernsten Charakter. Derjenige, der es nicht in der Tat selbst durchgemacht hat, wird kaum geneigt sein zu glauben, wie oft die ihrem Anscheine nach so furchtbar komplizierten, vom psychologischen Standpunkt aus geradezu rätselhaften Beziehungen einer klaren, fruchtbaren physiologischen Analyse unterzogen werden können, welche auf allen Stufen durch die entsprechenden Versuche leicht kontrolliert werden kann. Für den, der auf diesem Gebiete arbeitet, ist ein oft wiederkehrendes Gefühl — das Staunen vor der geradezu unglaublichen Gewalt der objektiven Forschung in diesem für sie neuen Gebiet der kompliziertesten Beziehungen. Ich bin überzeugt, dass aussergewöhnliche Belebung und wahrhafter Forschungsdrang einen jeden ergreifen werden, der dieses neue Forschungsgebiet betreten wird.

So können also auf rein objektiver, naturwissenschaftlicher Grundlage die Gesetze der komplizierten Nerventätigkeit ausgearbeitet und allmählich ihre geheimnisvollen Mechanismen aufgedeckt werden. Es wäre eine nicht zu rechtfertigende Anmassung, wenn man behaupten wollte, dass durch die zwei beschriebenen Mechanismen ein für allemal die höhere Nerventätigkeit der höheren Tiere erschöpft sei. Aber das ist auch nicht wichtig. Im gegebenen Falle ist es wesentlich, dass auf

rein naturwissenschaftlichem Boden, unter Leitung von rein naturwissenschaftlichen Begriffen ein kolossaler, augenblicklich nicht zu übersehender Forschungshorizont zugänglich wird.

Mit diesen Grundbegriffen über die komplizierteste Tätigkeit des tierischen Organismus befindet sich die aller allgemeinste Vorstellung, welche man vom naturwissenschaftlichen Standpunkt aus über dieselbe haben kann, in vollstem Einklang. Als ein Teil der Natur stellt jeder tierische Organismus ein kompliziertes, in sich abgeschlossenes System dar, dessen innere Kräfte jeden Augenblick, solange dieses System als solches existiert, mit den äusseren Kräften des umgebenden Milieus im Gleichgewicht gehalten werden. Je komplizierter der Organismus ist, desto feiner, zahlreicher und mannigfaltiger sind die Gleichgewichtselemente. Dazu dienen die Analysatoren und die Mechanismen sowohl der beständigen als auch der zeitweiligen Verbindungen, welche die präzisesten Beziehungen zwischen den geringsten Elementen der Aussenwelt und den feinsten Reaktionen des tierischen Organismus herstellen. Auf diese Art ist dann das ganze Leben, von den einfachsten bis zu den kompliziertesten Organismen, den Menschen mit eingeschlossen, eine lange Reihe von stets (bis zum höchsten Punkte) komplizierter werdenden Fällen der Herstellung des Gleichgewichts mit der Aussenwelt. Es wird die Zeit kommen — mag sie noch weit entfernt sein —, wo die mathematische Analyse, auf die naturwissenschaftliche sich stützend, in majestätischen Formeln alle diese Gleichgewichtseinstellungen umfassen und schliesslich auch sich selbst mit einschliessen wird.

Zum Schlusse gestatten Sie mir einige Worte über die technische Ausrüstung des neuen Forschungsgebietes.

Der Forscher, welcher sich daran wagt, alle Einwirkungen des umgebenden Milieus auf das Tier zu registrieren, hat ganz ausschliessliche Forschungsmittel nötig. Er muss alle äusseren Einflüsse in Händen halten. Das ist es, weshalb für diese

Forschungen ein ganz besonderer, bis jetzt nicht vorhandener Typus von Laboratorien erforderlich ist, in denen erstens keine zufälligen Laute, keine plötzlichen Lichtschwankungen, keine schroff veränderlichen Luftzüge usw. stattfinden können, kurz, wo nach Möglichkeit Konstanz aller äusseren Umstände herrscht, und wo zweitens der Forscher Zuleitungen von den Erzeugern der verschiedensten Energien, die in weitesten Massen durch die entsprechenden Analysatoren und Messinstrumente variiert werden können, zu seiner Verfügung hat.

Gegenwärtig ist die Arbeit, von welcher die Rede ist, unter den Bedingungen der jetzigen Laboratorien oft nicht nur wider unseren Willen beschränkt, eingeengt, sondern sie ist auch beinahe immer schwer für den Experimentator. Sie haben sich wochenlang zum Versuch vorbereitet, und im letzten entscheidenden Augenblick, wenn Sie mit Aufregung die Antwort erwarten, zerstört eine unerwartete Erschütterung des Gebäudes, ein Lärm, der von der Strasse her hereinklingt, Ihre Hoffnung, und die gewünschte Antwort muss auf unbestimmte Zeiten hinausgeschoben werden.

Ein normales Laboratorium für solch eine Forschung ist an und für sich ein grosses wissenschaftliches Werk und es will mir scheinen, dass diejenige Person oder die Anstalt sich um den Progress des menschlichen Wissens aufs höchste verdient machen wird, welche als erste ein derartiges Laboratorium verwirklichen wird[1]).

[1]) Mit grosser Genugtuung für mein Vaterland kann ich erwähnen, dass sofort auf meinen Ruf hinsichtlich des neuen Typus des Laboratoriums, die „Gesellschaft zur Beförderung des Fortschrittes der experimentellen Wissenschaften usw., Namens von Ch. S. Ledenzow“ energisch und sachlich reagiert hat, so dass das Institut für experimentelle Medizin in St. Petersburg mit dem Bau eines solchen Laboratoriums beginnt.

Druck der Königl. Universitätsdruckerei H. Stürtz A. G., Würzburg.